

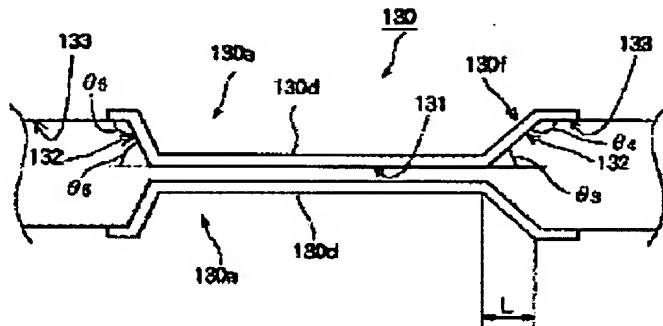
**VIBRATING PIECE, VIBRATOR, OSCILLATOR AND ELECTRONIC EQUIPMENT**

**Patent number:** JP2003133895  
**Publication date:** 2003-05-09  
**Inventor:** SAKATA JUNICHIRO; TANAYA HIDEO; KITAMURA FUMITAKA  
**Applicant:** SEIKO EPSON CORP  
**Classification:**  
- **International:** H03H9/19; H03B5/32; H03H9/10; H03H9/215  
- **European:**  
**Application number:** JP20010331487 20011029  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP2003133895**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a vibrating piece, a vibrator, an oscillator and an electronic equipment that cause no oscillation failure by preventing a grooved electrode from breaking, etc.

**SOLUTION:** The vibrating piece is made of crystalline quartz and comprises a base 140 on which a base electrode 140d is formed, vibrating arms 120 and 130 formed while protruding from the base, and grooves 120a and 130a provided to grooved electrodes 120d and 130d formed on front surface and/or rear surface of the vibrating arms. The vibrating piece 100 is constituted by comprising opening constricted parts 120f and 130f in which the length in widthwise direction that is short in its side direction of a groove opening of the groove becomes narrower as approximating to the base side and/or tip side, and providing a gentle slope in which the angle of inclination of a sidewall of groove, formed in the depth direction of the groove and corresponding to the opening constricted part, is gentler than that of the other part of the sidewall of groove.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-133895

(P2003-133895A)

(43) 公開日 平成15年5月9日 (2003.5.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 3 H 9/19		H 0 3 H 9/19	K 5 J 0 7 9
H 0 3 B 5/32		H 0 3 B 5/32	H 5 J 1 0 8
H 0 3 H 9/10		H 0 3 H 9/10	
9/215		9/215	

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-331487(P2001-331487)

(22) 出願日 平成13年10月29日 (2001. 10. 29)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 坂田 淳一郎

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 棚谷 英雄

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100096806

弁理士 岡▲崎▼ 信太郎 (外1名)

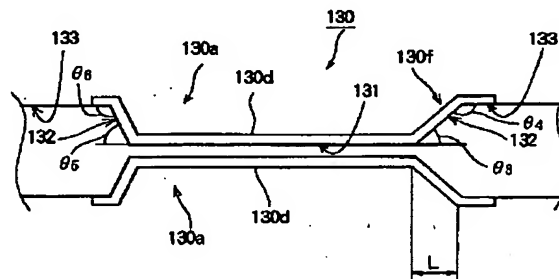
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動片、振動子、発振器及び電子機器

(57) 【要約】

【課題】 溝電極部の断線等を未然に防ぎ、発振不良が生じない振動片、振動子、発振器及び電子機器を提供すること。

【解決手段】 水晶から成り、基部電極部140dが形成されている基部140と、前記基部から突出して形成される振動腕部120、130と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部120d、130dを有する溝部120a、130aと、を有する振動片であって、前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部120f、130fを備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることで振動片100を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水晶から成り、基部電極部が形成されている基部と、前記基部から突出して形成される振動腕部と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部を有する溝部と、を有する振動片であって、前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることを特徴とする振動片。

【請求項 2】 前記開口狭窄部の開口形状が略 V 字形又は略円弧形状となっていることを特徴とする請求項 1 に記載の振動片。

【請求項 3】 前記振動片が音叉型水晶振動片により形成されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の振動片。

【請求項 4】 前記音叉型水晶振動片の共振周波数が略 32.768 kHz または略 75 kHz に成っていることを特徴とする請求項 3 に記載の振動片。

【請求項 5】 水晶から成り、基部電極部が形成されている基部と、前記基部から突出して形成される振動腕部と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部を有する溝部と、を有する振動片であり、前記振動片が、パッケージ内に收容されている振動子であって、前記振動片の前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることを特徴とする振動子。

【請求項 6】 前記振動片の前記開口狭窄部の開口形状が略 V 字形又は略円弧形状となっていることを特徴とする請求項 5 に記載の振動子。

【請求項 7】 前記振動片が音叉型水晶振動片により形成されていることを特徴とする請求項 5 又は請求項 6 に記載の振動子。

【請求項 8】 前記音叉型水晶振動片の共振周波数が略 32.768 kHz 略 75 kHz に成っていることを特徴とする請求項 7 に記載の振動子。

【請求項 9】 前記パッケージが箱状に形成されていることを特徴とする請求項 5 乃至請求項 8 のいずれかに記載の振動子。

【請求項 10】 前記パッケージが所謂シリンダタイプに形成されていることを特徴とする請求項 5 乃至請求

項 8 のいずれかに記載の振動子。

【請求項 11】 水晶から成り、基部電極部が形成されている基部と、前記基部から突出して形成される振動腕部と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部を有する溝部と、を有する振動片であり、前記振動片と集積回路が、パッケージ内に收容されている発振器であって、前記振動片の前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることを特徴とする発振器。

【請求項 12】 水晶から成り、基部電極部が形成されている基部と、前記基部から突出して形成される振動腕部と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部を有する溝部と、を有する振動片であり、前記振動片がパッケージ内に收容されている振動子であり、前記振動子を制御部に接続して用いている電子機器であって、前記振動片の前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることを特徴とする電子機器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、水晶から成る振動片、この振動片を有する振動子、この振動子を備える発振器や電子機器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、振動片である例えば音叉型水晶振動片は、例えば図 10 に示すように構成されている。すなわち、音叉型水晶振動片 10 は、基部 11 と、この基部 11 から突出するように形成されている 2 本の腕部 12、13 を有している。そして、この 2 本の腕部 12、13 には、溝 12a 及び溝 13a が設けられている。

【0003】この溝 12a、13a は、図 10 においては表れていない腕部 12、13 の裏面にも同様に設けられている。このため、図 10 の A-A' 断面図である図 11 に示すように腕部 12、13 は、その断面形状が略 H 状に形成されることになる。このような略 H 型の音叉型水晶振動片 10 は、振動片の大きさを従来より著しく小型化しても、腕部 12、13 の振動損失が低く C I 値

(クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗)も低く抑えることができるという特性を有する。

【0004】このため、略H型の音叉型水晶振動片10は、例えば特に小型でも高精度な性能を求められる振動子に適している。このような振動子としては、例えば共振周波数が32.768kHzの小型の振動子等があり、このような振動子の振動片として前記略H型の音叉型水晶振動片10を用いることが検討されている。そして、この共振周波数が32.768kHzの小型の振動子等は、最終的には、例えば時計等の精密機器に組み込まれて使用されることになる。

【0005】ところで、上述のような略H型の音叉型水晶振動片10は、外部より電流が印加されると腕部12、13が振動するようになっている。具体的には、図11及び図12に示す溝12a、13aに溝電極12b、13bが形成され、これら溝12a、13aが設けられていない腕部12、13の側面である両側面12c、13cに側面電極12d、13dが形成される。そして、電流が印加されると溝電極12b、13bと側面電極12d、13dとの間で電界が生じ腕部12、13が振動するようになっている。

【0006】ところで、このような溝電極12b、13bは、具体的には、図12に示すように配置される。図12は、図10のB-B'線概略断面図である。図3に示すように、溝電極13bは、溝13aの溝底面13e、溝側壁13f及び腕部13の腕表面13gにかけて形成されている。このような溝電極13bは、例えばAuCr等からなり、図10に示すような所定の形状に配置されるが、この配置は、レジストを使用した所謂、フォトリソ工程により形成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】図13は、図12のCで示す丸で囲んだ部分にレジストを塗布した状態を示す概略拡大図である。図13に示すように、溝13aの溝底面13eと溝側壁13fとの角度である $\theta 1$ の角度は鋭角となっている。また、溝側壁13fと溝表面13gとの角度である $\theta 2$ の角度も鋭角となっている。このため、上述のフォトリソ工程で電極用金属(AuCr)溝13aに沿って配置すると同様の角度 $\theta 1$ 及び $\theta 2$ がAuCrによって形成される。

【0008】そして、このように形成されたAuCrの上に、図13に示すようにレジスト膜Rが形成され、フォトリソ工程でAuCrが所定の形状に構成され、図10に示す溝電極13bが形成される。このレジスト膜Rを塗布した際、図13に示すように、レジスト膜Rの一部が上述のように鋭角に形成されている溝側壁13fの上端部から溝底面13eの方向へ溝電極13bに流れてしまうことになる。この結果、上記角度 $\theta 2$ によって形成される図13のエッジ部分Eにおけるレジスト膜Rは、他の部分に比べ薄くなってしまふ。この状態でレジ

スト膜Rをマスクとして、フォトリソ工程を進めると、図13のエッジ部分Eのレジスト膜Rが除去され、レジスト膜Rに穴が開いたような形状となる。すると、溝電極13bのうち、図13に示す溝側壁13fに配置されている溝側壁電極13hと、溝表面13gに配置されている溝表面電極13iとが断線等し音叉型水晶振動片10の発振不良が生じ問題となっていた。

【0009】そこで、本発明は、以上の点に鑑み、溝電極部の断線等を未然に防ぎ、発振不良が生じない振動片、振動子、発振器及び電子機器を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記目的は、請求項1の発明によれば、水晶より成り、基部電極部が形成されている基部と、前記基部から突出して形成される振動腕部と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部を有する溝部と、を有する振動片であって、前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることを特徴とする振動片により達成される。

【0011】請求項1の構成によれば、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっている。したがって、この緩やかな緩斜面にフォトリソ工程で電極用金属を配置し、その上にレジスト膜等を塗布した場合でも、レジスト膜が溝部の底面方向に流れ、溝部の上端部であるエッジ部等でレジスト膜が薄くなることを未然に防ぐことができる。このため、電極用金属の一部が除去され、形成された溝電極部の一部が断線等するのを有効に防ぐことができる。

【0012】また、請求項1の構成によれば、前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっている。また、振動片は水晶より成っている。ところで、前記振動腕部に前記溝部は異方性エッチングで形成するが、水晶に対する異方性エッチングの場合、溝部の幅方向が狭まると、溝部の深さ方向にエッチングストップ現象が生じる。このエッチングストップの生じる位置は、幅方向の長さが短くなるにつれて浅い部分で生じる傾向がある。

【0013】したがって、前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を異方性エッチングで形成すると、前記幅方向の長さが短くなるにつれて徐々にエッチングストップが生じる位置が浅くなる。こ

(4)

5

のため、前記溝部のうち前記開口狭窄部が形成されている前記溝側壁部の傾斜角度は、前記開口狭窄部が形成されていない部分の前記溝側壁部の傾斜角度に比べ緩やかな緩斜面となる。このように前記開口狭窄部を異方性エッチングすることで、前記緩斜面を前記溝側壁部に容易に形成することができる。

【0014】好ましくは、請求項2の発明によれば、請求項1の構成において、前記開口狭窄部の開口形状が略V字形状又は略円弧形状となっていることを特徴とする振動片である。請求項2の構成によれば、前記開口狭窄部の開口形状が略V字形状又は略円弧形状となっている。したがって、前記略V字形状や前記略円弧形状の具体的な形状により異なったエッチングストップが発生し、前記開口狭窄部に対応する溝側壁部に、その形状によって異なった傾斜角度の前記緩斜面が形成されることになる。

【0015】好ましくは、請求項3の発明によれば、請求項1又は請求項2において、前記振動片が音叉型水晶振動片により形成されていることを特徴とする振動片である。

【0016】好ましくは、請求項4の発明によれば、請求項3の構成において、前記音叉型水晶振動片の共振周波数が略32.768kHzまたは略75kHzに成っていることを特徴とする振動片である。

【0017】請求項3又は請求項4の構成によれば、前記音叉型水晶振動片又は共振周波数が略32.768kHzまたは略75kHzに成っている前記音叉型水晶振動片においても、その前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっている。このため、前記溝電極部の一部が断線等するのを有効に防ぐことができる。また、この前記溝側壁部の緩斜面は、前記開口狭窄部を異方性エッチングすることで、容易に形成することができる。

【0018】前記目的は、請求項5の発明によれば、水晶から成り、基部電極部が形成されている基部と、前記基部から突出して形成される振動腕部と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部を有する溝部と、を有する振動片であり、前記振動片が、パッケージ内に収容されている振動子であって、前記振動片の前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることを特徴とする振動子により達成される。

【0019】請求項5の構成によれば、前記振動片の前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっている。したがって、この穏

やかな緩斜面にフォトリソ工程で電極用金属を配置し、その上にレジスト膜等を塗布した場合でも、レジスト膜が溝部の底面方向に流れ、溝部の上端部であるエッジ部等でレジスト膜が薄くなることを未然に防ぐことが出来る。このため、電極用金属の一部が除去され、形成された溝電極部の一部が断線等するのを有効に防ぐことができる振動子である。

【0020】また、請求項5の構成によれば、前記振動片の前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっている。また、振動片は水晶より成っている。ところで、前記振動腕部に前記溝部は異方性エッチングで形成するが、水晶に対する異方性エッチングの場合、溝部の幅方向が狭まると、溝部の深さ方向にエッチングストップ現象が生じる。このエッチングストップの生じる位置は、幅方向の長さが短くなるにつれて浅い部分で生じる傾向がある。

【0021】したがって、前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を異方性エッチングで形成すると、前記幅方向の長さが短くにつれて徐々にエッチングストップが生じる位置が浅くなる。このため、前記溝部のうち前記開口狭窄部が形成されている前記溝側壁部の傾斜角度は、前記開口狭窄部が形成されていない部分の前記溝側壁部の傾斜角度に比べ緩やかな緩斜面となる。このように前記開口狭窄部を異方性エッチングすることで、前記緩斜面を前記溝側壁部に容易に形成することができる振動子となる。

【0022】好ましくは、請求項6の発明によれば、請求項5の構成において、前記振動片の前記開口狭窄部の開口形状が略V字形状又は略円弧形状となっていることを振動子である。請求項6の構成によれば、前記振動片の前記開口狭窄部の開口形状が略V字形状又は略円弧形状となっている。したがって、前記略V字形状や前記略円弧形状の具体的な形状により異なったエッチングストップが発生し、前記開口狭窄部に対応する溝側壁部に、その形状によって異なった傾斜角度の前記緩斜面が形成されることになる。

【0023】好ましくは、請求項7の発明によれば、請求項5又は請求項6において、前記振動片が音叉型水晶振動片により形成されていることを特徴とする振動子である。

【0024】好ましくは、請求項8の発明によれば、請求項7の構成において、前記音叉型水晶振動片の共振周波数が略32.768kHzまたは75kHzに成っていることを特徴とする振動子である。

【0025】好ましくは、請求項9の発明によれば、請

請求項 5 乃至請求項 8 の構成において、前記パッケージが箱状に形成されていることを特徴とする振動子である。

【0026】好ましくは、請求項 10 の発明によれば、請求項 5 乃至請求項 8 の構成において、前記パッケージが所謂シリンダタイプに形成されていることを特徴とする振動子である。

【0027】請求項 7 乃至請求項 10 の構成によれば、前記音叉型水晶振動片又は共振周波数が略 32.768 kHz または略 75 kHz に成っている前記音叉型水晶振動片や前記パッケージが箱状に形成されている振動子又は前記パッケージが所謂シリンダタイプに形成されている振動子の振動片においても、その前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっている。このため、前記溝電極部の一部が断線等するのを有効に防ぐことができる。また、この前記溝側壁部の緩斜面は、前記開口狭窄部を異方性エッチングすることで、容易に形成することができる。

【0028】前記目的は、請求項 11 の発明によれば、水晶から成り、基部電極部が形成されている基部と、前記基部から突出して形成される振動腕部と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部を有する溝部と、を有する振動片であり、前記振動片と集積回路が、パッケージ内に収容されている発振器であって、前記振動片の前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることを特徴とする発振器により達成される。

【0029】前記目的は、請求項 12 の発明によれば、水晶から成り、基部電極部が形成されている基部と、前記基部から突出して形成される振動腕部と、前記振動腕部の表面及び／又は裏面に形成されている溝電極部を有する溝部と、を有する振動片であり、前記振動片がパッケージ内に収容されている振動子であり、前記振動子を制御部に接続して用いている電子機器であって、前記振動片の前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっていることを特徴とする電子機器により達成される。

【0030】請求項 11 又は請求項 12 の構成によれば、前記振動片の前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっている。したがって、この緩やかな緩斜面にフォトリソ工程で電

極用金属を配置し、その上にレジスト膜等を塗布した場合でも、レジスト膜が溝部の底面方向に流れ、溝部の上端部であるエッジ部等でレジスト膜が薄くなることを未然に防ぐことが出来る。このため、電極用金属の一部が除去され、形成された溝電極部の一部が断線等するのを有効に防ぐことができる。

【0031】また、請求項 11 又は請求項 12 の構成によれば、前記振動片の前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を備え、前記溝部の深さ方向に形成される溝側壁部の前記開口狭窄部に対応する部分の傾斜角度が他の溝側壁部の傾斜角度より緩やかな緩斜面となっている。また、振動片は水晶より成っている。ところで、前記振動腕部に前記溝部は異方性エッチングで形成するが、水晶に対する異方性エッチングの場合、溝部の幅方向が狭まると、溝部の深さ方向にエッチングストップ現象が生じる。このエッチングストップの生じる位置は、幅方向の長さが短くなるにつれて浅い部分で生じる傾向がある。

【0032】したがって、前記溝部の溝開口部の短辺方向である幅方向の長さが、前記基部側及び／又は先端部側に近接するにつれて狭くなる開口狭窄部を異方性エッチングで形成すると、前記幅方向の長さが短くなるにつれて徐々にエッチングストップが生じる位置が浅くなる。このため、前記溝部のうち前記開口狭窄部が形成されている前記溝側壁部の傾斜角度は、前記開口狭窄部が形成されていない部分の前記溝側壁部の傾斜角度に比べ緩やかな緩斜面となる。このように前記開口狭窄部を異方性エッチングすることで、前記緩斜面を前記溝側壁部に容易に形成することができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態を添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に述べる実施の形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られるものではない。

【0034】（第 1 の実施の形態）図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る振動片である音叉型水晶振動片 100 を示す概略図である。図 2 は、図 1 の G-G' 線概略断面図である。この音叉型水晶振動片 100 は、例えば水晶の単結晶から切り出され音叉型に加工されて形成されている。このとき、図 1 に示す X 軸が電気軸、Y 軸が機械軸及び Z 軸が光軸となるように水晶の単結晶から切り出されることになる。このように電気軸が図 1 の X 軸方向に配置されることにより、高精度が要求される携帯電話装置等の電子機器全般に好適な音叉型水晶振動片 100 となる。

【0035】また、より正確には、音叉型水晶振動片 1



00は、水晶の単結晶から切り出す際、上述のX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系において、X軸回りに、X軸とY軸とからなるXY平面を反時計方向に約1度乃至5度傾けた、所謂水晶Z板として音叉型水晶振動片100が形成されることになる。

【0036】このような音叉型水晶振動片100は、基部140と、この基部140から図においてY軸方向に突出するように形成された例えば2本の振動腕部である音叉腕120、130とを有している。この2本の音叉腕120、130には、図1及び図2に示すように溝部120a、130aがそれぞれ形成されている。これら溝部120a、130aは、図2に示すように2本の音叉腕120、130の裏面にも同様に形成されている。したがって、図2に示すように腕部120、130には、溝部120a等が図において上下方向に設けられているため、その断面形状が略H型に形成される。

【0037】このような音叉型水晶振動片100は、振動片の大きさを従来より著しく小型化しても、音叉腕120、130の振動損失が低くC1値（クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗）も低く抑えることができるという特性を有する。このため、音叉型水晶振動片100は、例えば特に小型でも高精度な性能を求められる振動子に適している。このような振動子としては、例えば共振周波数が32.768kHzまたは75kHzの小型の振動子等がある。

【0038】このような音叉型水晶振動片100には、図1に示すように例えばAuCr等から成る電極（図において斜線部分）が形成される。具体的には、図2に示すように、基部140には、基部電極140dが形成され、音叉腕120、130の溝部120a、130aには、溝電極120d、130dがそれぞれ形成される。また、音叉腕120、130の図2に示す、それぞれの両側面の腕側面120b、130bには、側面電極120e、130eが形成されている。

【0039】これら側面電極120e、130eと溝電極120d、130dは、基部電極140と接続されている。このため音叉型水晶振動片100が載置されるパッケージ等から供給される電力が基部電極140dを介して側面電極120e、130e及び溝電極120d、130dに供給される。そして、これら側面電極120e、130eと溝電極120d、130dとの間の音叉腕120、130内に電界が効率良く発生し、音叉腕120、130を振動させる構成となっている。

【0040】ところで、このように配置される溝電極120d、側面電極120e等の電極は、具体的には、複数層、例えば2層から成り、下地としてCr、上層がAuから形成されている。この場合、Crの代わりにNiやTi等を使用してもよい。また、1層からなる場合もあり、このときは、例えばAl層が用いられる。この他にも、Al電極で表面を陽極酸化した電極やCr電極1

層で、このCr層の上に保護膜としてSiO<sub>2</sub>等を形成する電極も用いることができる。さらに、電極の厚みは、例えば下層Crが100Åで上層Auが1000Åと成っている。

【0041】このように形成される音叉型水晶振動片100のうち、溝部120a、130aの溝開口部の短辺方向である幅方向の長さWは、基部140側に近接するにつれて狭くなり、この狭くなっている部分が開口狭窄部120f、130fと成っている。この開口狭窄部120f、130fの溝開口部の形状は、図1に示すように略V字状に形成され、その図において縦方向の長さはLにわたって徐々に幅方向の長さWが狭くなるように形成されている。

【0042】図3は、図1のF-F'線概略断面図である。図3は、音叉腕130の断面図であるが、音叉腕120も同様の構成のため、以下、音叉腕130の説明をし、音叉腕120の説明は省略する。図3に示すように溝部130aは、最も深い部分である溝底面131と、この溝底面131と音叉腕130の腕表面133とを繋ぐ溝側壁132とを有している。そして、この溝底面131、溝側壁132及び腕表面133に沿って溝電極130dが形成されている。

【0043】ここで、溝部130aの開口狭窄部130fは、図3で開口狭窄部の長さLで示す部分に形成されている。そして、この開口狭窄部130fの溝側壁132の傾斜角度は、他の部分の溝側壁132の傾斜角度に比べ緩やかな緩斜面となっている。具体的には、図3の左側には図1の溝部130の上端部側の溝側壁132が示されている。この溝側壁132の溝底面131に対する角度θ5及び腕表面133に対する角度θ6は、図3に示すように鋭角となっている。例えば角度θ5は、36°程度であり、角度θ6は、144°程度である。

【0044】これに対して、図3の右側の開口狭窄部130fの部分では、溝側壁132の溝底面131に対する角度θ3及び腕表面133に対する角度θ4は、上記角度θ5及び角度θ6に比べ緩やかな緩斜面となっている。例えば、角度θ3は、20°程度であり、角度θ4は、160°程度である。

【0045】ところで、本実施の形態の音叉型水晶振動片100の音叉腕130に溝部130aを形成する場合は、異方性エッチングが行われる。この異方性エッチングでは、溝部130aの図1に示す幅方向Wが狭くなるにしたがって深さ方向が浅くなるエッチングストップ現象が生じる。このため、本実施の形態の音叉型水晶振動片100では、音叉腕130の腕表面133に形成する溝部130aの溝開口部の形状を変化させることで容易に溝部130の深さを調整することができることになる。

【0046】具体的には、図1に示すように開口狭窄部130fの溝開口部の形状が略V字状に形成されている



11

ので、この略V字状に沿って異方性エッチングを行うと、幅方向が狭くなるにつれて、すなわち基部140に近接するにつれて、溝部130aが浅くなる。そして、図3に示すように長さLにわたって溝側壁132の傾斜角度が緩やかになって緩斜面が形成されることになる。溝部130aの他の部分は、同一の幅Wで溝開口部が形成されているため、特に緩斜面は形成されず、図3の左側の溝側壁132と同様の角度で溝側壁132が形成されることになる。

【0047】このように形成された溝部130aの上に図1に示すような形状で溝電極130dが配置される。具体的には、所謂、フォトリソ工程によって溝電極130aが形成される。すなわち、音叉腕130に異方性エッチングで形成された溝部130a上に、電極用金属であるAuCr等を配置し、その上に、図1の溝電極130dの形状にレジスト膜Rを塗布することとなる。そして、フォトリソ工程を行いレジスト膜Rが塗布されていない部分のAuCrが除去され、その後所定の工程を経て溝電極130dが図1に示すように配置されることになる。

【0048】図4は、上記フォトリソ工程のうち、音叉腕130の溝部130aにAuCrを配置し、その上のレジスト膜Rを塗布した状態を示す図である。図示するように、溝部130aの開口狭窄部130fでは、長さLの幅で緩やかな緩斜面が形成されているため、塗布されたレジスト膜Rが溝部130aの溝底面131側に流れて、図4に示す溝側壁132と腕表面133との境界部であるエッジ部Eの厚みが他の部分に比べ著しく薄くなることのない。したがって、従来の図13で示す場合と異なり、エッジ部分Eのレジスト膜R厚さ不足が生じない。このため、AuCrが部分的に除去され、完成された溝電極130dが断線等が発生することを有効に防止できる。

【0049】溝電極130dは、このように配置されるが、他の基部電極140d、側面電極130e等もフォトリソ工程で形成されることになる。また、本実施の形態では、特に断線等が生じやすい部分である溝部130aの基部140側に開口狭窄部130fを形成したが、本発明はこれに限らず、溝部130aの他の部分に開口狭窄部130fを形成してもよい。

【0050】さらに、開口狭窄部130fの溝開口部の形状は略V字形状に限られず、エッチングストップ現象を所望の深さで生じさせるための任意の形状とすることもできる。図5は、音叉型水晶振動片200に略円弧状の開口狭窄部220f、230fを形成した例である。以上のように本実施の形態の音叉型水晶振動片100、200によれば、溝電極130dの一部の断線等が生じるの容易且つ確実に防ぐことができ、発振不良が生じ難い振動片となる。

【0051】(第2の実施の形態)図6は、本実施の第

12

2の形態に係る振動子であるセラミックパッケージ音叉型振動子200を示す図である。このセラミックパッケージ音叉型振動子200は、上述の第1の実施の形態の音叉型水晶振動片100を使用している。したがって、音叉型水晶振動片100の構成、作用等については、同一符号を付する等して、その説明を省略する。

【0052】図は、セラミックパッケージ音叉型振動子200の構成を示す概略断面図である。図5に示すように、セラミックパッケージ音叉型振動子200は、その内側に空間を有する箱状のパッケージ210を有している。このパッケージ210には、その底部にベース部211を備えている。このベース部211は、例えばアルミナ等のセラミックス等で形成されている。

【0053】ベース部211の上には、封止部212が設けられており、この封止部212は、蓋体213と同様の材料から形成されている。また、この封止部212の上には蓋体213が載置され、これらベース部211、封止部212及び蓋体213で、中空の箱体を形成することになる。このように形成されているパッケージ210のベース部211上にはパッケージ側電極214が設けられている。このパッケージ側電極214の上には導電性接着剤等を介して音叉型水晶振動片100の基部電極140dが固定されている。

【0054】この音叉型水晶振動片100は、パッケージ側電極214から一定の電流が与えられると振動するようになっている。このとき、音叉型水晶振動片100の溝電極120d、130dは断線等し難くなっている。したがって、発振不良が生じ難い音叉型水晶振動片100を備えるセラミックパッケージ音叉型振動子200となる。

【0055】(第3の実施の形態)図7は、本実施の第3の形態に係る電子機器であるデジタル携帯電話300を示す図である。このデジタル携帯電話300は、上述の第2の実施の形態のセラミックパッケージ音叉型振動子200と音叉型水晶振動片100を使用している。したがって、セラミックパッケージ音叉型振動子200と音叉型水晶振動片100の構成、作用等については、同一符号を付する等して、その説明を省略する。

【0056】図7は、デジタル携帯電話300の回路ブロックを示す概略図である。図7に示すように、デジタル携帯電話300で送信する場合は、使用者が、自己の声をマイクロフォンに入力すると、信号はパルス幅変調・符号化のブロックと変調器/復調器のブロックを経てトランスミッター、アンテナスイッチを介しアンテナから送信されることになる。一方、他人の電話から送信された信号は、アンテナで受信され、アンテナスイッチ、受信フィルター等を経て、レシーバーから変調器/復調器のブロックに入力される。そして、変調又は復調された信号がパルス幅変調・符号化のブロックを経てスピーカーに声として出力されるようになっている。このう

ち、アンテナスイッチや変調器／復調器ブロック等を制御するためにコントローラが設けられている。

【0057】このコントローラは、上述の他に表示部であるLCDや数字等の入力部であるキー、さらにはRAMやROM等も制御するため、高精度であることが求められ、この高精度なコントローラの要求に応えられるように高精度の上述のセラミックパッケージ音叉振動子200が用いられることになる。すなわち、セラミックパッケージ音叉振動子200に收容されている音叉型水晶振動片100の溝電極120d、130dは断線等し難い構成となっている。したがって、発振不良が生じ難い音叉型水晶振動片100を備えるデジタル携帯電話300となる。

【0058】(第4の実施の形態)図8は、本実施の第4の実施の形態に係る発振器である音叉水晶発振器400を示す図である。このデジタル音叉水晶発振器400は、上述の第2の実施の形態のセラミックパッケージ音叉型振動子200と多くの部分で構成が共通している。したがって、セラミックパッケージ音叉型振動子200と音叉型水晶振動片100の構成、作用等については、同一

符号を付する等して、その説明を省略する。

【0059】図8に示す音叉型水晶発振器400は、図6に示すセラミックパッケージ音叉振動子200の音叉型水晶振動片100の下方で、ベース部211の上に、図7に示すように集積回路410を配置したものである。すなわち、音叉水晶発振器400では、その内部に配置された、音叉型水晶振動片100が振動すると、その振動は、集積回路410に inputs され、その後、所定の周波数信号を取り出すことで、発振器として機能することになる。

【0060】すなわち、音叉水晶発振器400に收容されている音叉型水晶振動片100の溝電極120d、130dは断線等し難い構成となっている。したがって、発振不良が生じ難い音叉型水晶振動片100を備える音叉水晶発振器400となる。

【0061】(第5の実施の形態)図9は、本実施の第5の実施の形態に係る振動子であるシリンダータイプ音叉振動子500を示す図である。このシリンダータイプ音叉振動子500は、上述の第1の実施の形態の音叉型水晶振動片100を使用している。したがって、音叉型水晶振動片100の構成、作用等については、同一符号を付する等して、その説明を省略する。

【0062】図9は、シリンダータイプ音叉振動子500の構成を示す概略図である。図9に示すようにシリンダータイプ音叉振動子500は、その内部に音叉型水晶振動片100を收容するための金属製のキャップ530を有している。このキャップ530は、ステム520に対して圧入され、その内部が真空状態に保持されるようになっている。

【0063】また、キャップ530に收容された音叉型

水晶振動片100を保持するためのリード510が2本配置されている。このようなシリンダータイプ音叉振動子500に外部より電流を印加すると音叉型水晶振動片100の腕部120が振動し、振動子として機能することになる。このとき、音叉型水晶振動片100の溝電極120d、130dは断線等し難い構成となっている。したがって、発振不良が生じ難い音叉型水晶振動片100を備えるシリンダータイプ音叉振動子500となる。

【0064】また、上述の各実施の形態では、32.768kHzの音叉型水晶振動子を例に説明したが、15kHz乃至155kHzの音叉型水晶振動子に適用できることは明らかである。なお、上述の実施の形態に係る音叉型水晶振動片100、200は、上述の例のみならず、他の電子機器、携帯情報端末、さらに、テレビジョン、ビデオ機器、所謂ラジカセ、パーソナルコンピュータ等の時計内蔵機器及び時計にも用いられることは明らかである。

【0065】さらに、本発明は、上記実施の形態に限定されず、特許請求の範囲を逸脱しない範囲で種々の変更を行うことができる。そして、上記実施の形態の構成は、その一部を省略したり、上述していない他の任意の組み合わせに変更することができる。

【0066】

【発明の効果】本発明によれば、溝電極部の断線等を未然に防ぎ、発振不良が生じない振動片、振動子、発振器及び電子機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態に係る振動片である音叉型水晶振動片を示す概略図である。

【図2】 図1のG-G'線概略断面図である。

【図3】 図1のF-F'線概略断面図である。

【図4】 フォトリソ工程で音叉腕の溝部にAuCrを配置し、その上にレジスト膜を塗布した状態を示す概略断面図である。

【図5】 音叉型水晶振動片に略円弧状の開口狭窄部を形成した例を示す部分概略断面図である。

【図6】 第2の実施の形態に係るセラミックパッケージ音叉型振動子を示す概略図である。

【図7】 第3の実施の形態に係るデジタル携帯電話の回路ブロックを示す概略図である。

【図8】 第4の実施の形態に係る音叉水晶発振器の構成を示す概略断面図である。

【図9】 第5の実施の形態に係るシリンダータイプ音叉振動子の構成を示す概略図である。

【図10】 従来の音叉型水晶振動片の構成を示す概略図である。

【図11】 図10のA-A'線概略断面図である。

【図12】 図10のB-B'線概略断面図である。

【図13】 図12の矢印Cで示す部分の概略図拡大図

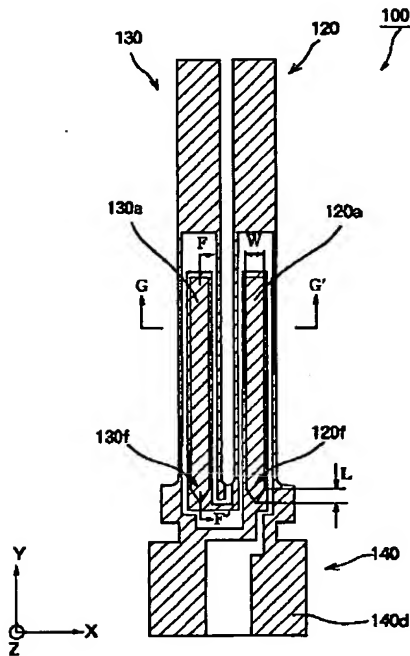
である。

## 【符号の説明】

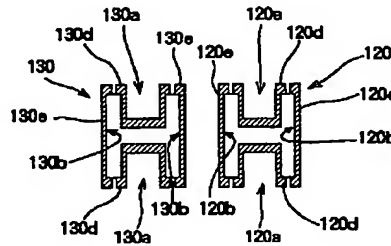
100、200・・・音叉型水晶振動片、120、130・・・腕部、120a、130a・・・溝部、120b、130b・・・腕側面、120d、130d・・・溝電極、120e、130e・・・側面電極、120f、130f、220f、230f・・・開口狭窄部、140・・・基部、140d・・・基部電極、131・・・溝底面、132・・・溝側壁、133・・・腕表 \*

\* 面、R・・・レジスト膜、E・・・エッジ部分、200・・・セラミックパッケージ音叉振動子、210・・・パッケージ、211・・・ベース部、212・・・封止部、213・・・蓋体、214・・・パッケージ側電極、300・・・デジタル携帯電話、400・・・音叉水晶発振器、410・・・集積回路、500・・・シリンドertype音叉振動子、510・・・リード、520・・・ステム、530・・・キャップ

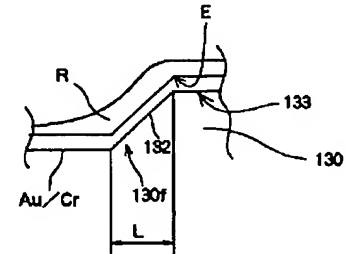
【図1】



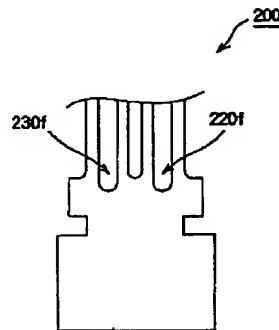
【図2】



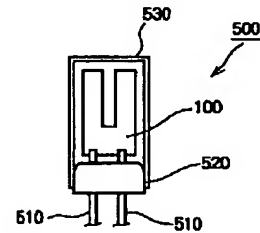
【図4】



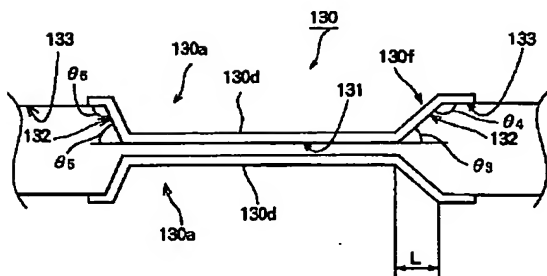
【図5】



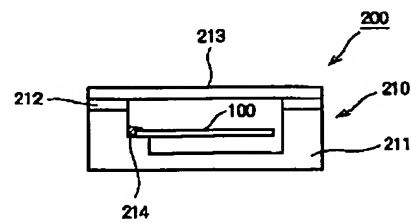
【図9】



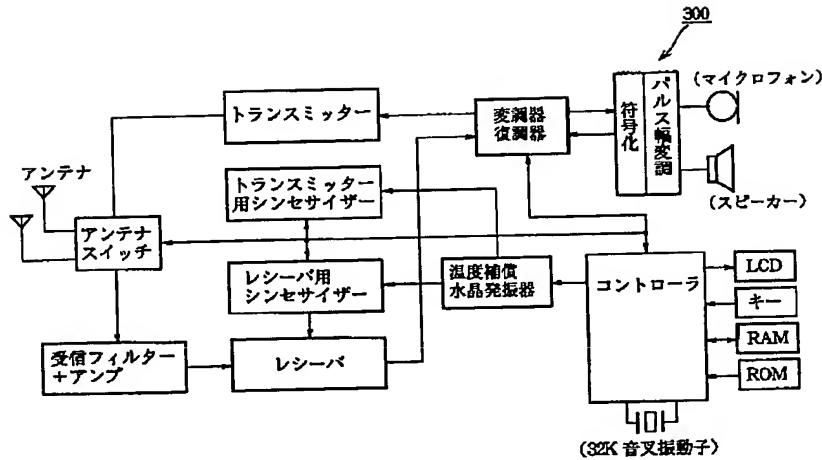
【図3】



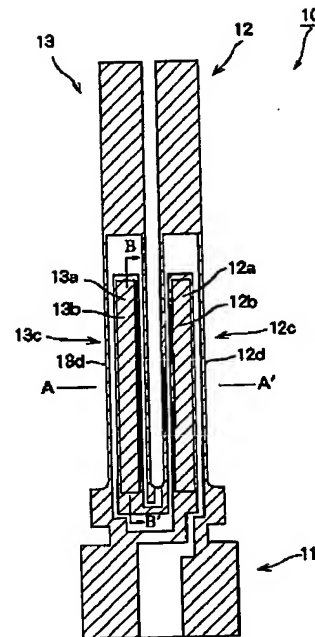
【図6】



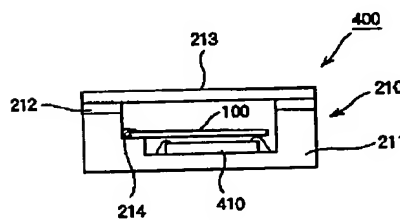
【図7】



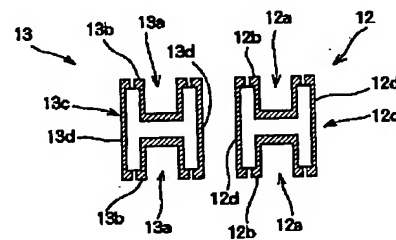
【図10】



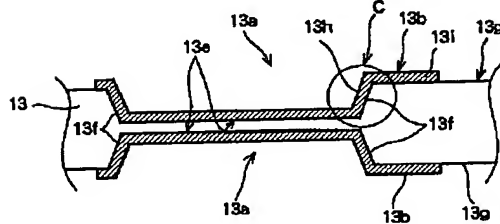
【図8】



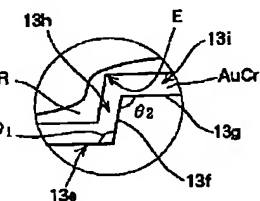
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 北村 文孝  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5J079 AA04 BA43 HA03 HA07 HA09  
HA16 HA29  
5J108 BB02 CC06 CC09 CC11 EE03  
EE07 EE18 FF01 GG03 GG04  
GG06 GG15 GG16 JJ04 KK01